

# การปรับปรุงกระบวนการและการจัดสรรทรัพยากรการผลิตโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับสายการผลิตแบตเตอรี่ชนิดยืดหยุ่น

## Process Improvement and Resource Allocation using Computer Simulation for Flexible Battery

### Production Line

ณัฐพร ทองเจริญบัวงาม และ บุษบา พุกกษาพันธ์รัตน์

Nattaporn Thongjaroenbuangam and Busaba Phruksaphanrat

ISO-RU, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี 12120

### บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการปรับปรุงกระบวนการและจัดสรรทรัพยากรของสายการผลิตแบตเตอรี่ชนิดยืดหยุ่น โดยใช้เทคนิคแบบลีนและการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ เนื่องจากสายการผลิตปัจจุบันไม่สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามความต้องการของลูกค้า และระดับความต้องการชิ้นงานยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงได้มีการนำเทคนิคของลีนมาใช้เพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ และใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ในการแสดงผลของกระบวนการทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง รวมถึงการจัดสรรทรัพยากรเพื่อรองรับระดับความต้องการของลูกค้าที่สูงขึ้น ซึ่งภายหลังการปรับปรุงพบว่า อัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 84.02% อร์รถประโยชน์ของพนักงานเพิ่มขึ้น 33.20% และประสิทธิภาพของสายการผลิตเพิ่มขึ้น 40.71% ซึ่งทำให้สามารถผลิตชิ้นงานได้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า

**คำสำคัญ :** การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ การลดความสูญเปล่า เทคนิคแบบลีน การจัดสรรทรัพยากร

### Abstract

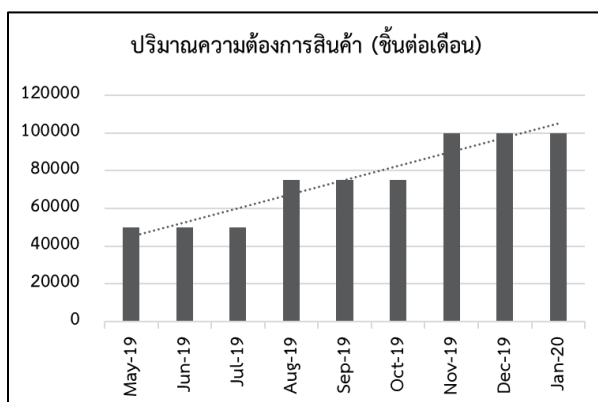
This research focuses on process improvement and resource allocation of a flexible battery production line by Lean technique and computer simulation. At present, the production line is experiencing insufficient products problem for customer demand, and the trend of demand continues to increase steadily. Therefore, Lean technique is used to reduce waste that occur in the processes. Computer simulation not only used to compare the result before and after improvement, but also used to allocate resources to meet the higher level of demand. After improvement, it was found that the production line can gain the productivity 84.02%, utilization 33.20% and efficiency 40.71%, which can sufficiently satisfy customer demands.

**Keywords:** computer simulation, waste reduction, Lean technique, resource allocation

## 1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์มีการแข่งขันที่สูง อีกทั้งเทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้มีผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ๆ เกิดขึ้นเสมอ บริษัทผู้ผลิตจึงต้องปรับตัวเพื่อให้สามารถที่จะอยู่รอดและสามารถแข่งขันกับบริษัทอื่นๆ ได้ โดยการเพิ่มศักยภาพให้เพียงพอที่จะตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ ไม่ว่าจะเป็นด้านคุณภาพ ปริมาณ ราคา และการส่งมอบสินค้า รวมถึงสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบันที่มีความผันผวนเป็นอย่างมาก ทางบริษัทผู้ผลิตจึงต้องการลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วด้วยต้นทุนที่ต่ำ

ปัญหาของ โรงงานกรณีศึกษาซึ่งเป็น โรงงานผลิตแบตเตอรี่ชนิดยี่ห้อรุ่นกำลังประสบปัญหาคือ ไม่สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามความต้องการของลูกค้า อันเนื่องมาจากเกิดความสูญเปล่าต่างๆขึ้นในกระบวนการ และแนวโน้มความต้องการชิ้นงานของลูกค้ายังคงเพิ่มสูงขึ้นดังภาพที่ 1 จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงสายการผลิตให้สามารถผลิตชิ้นงานได้ตาม ความต้องการชิ้นงานของลูกค้าที่ระดับต่างๆในอนาคต ซึ่งความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นได้แก่ ความสูญเปล่าที่เกิดจากการรอคอยชิ้นงาน อันเนื่องมาจากผังกระบวนการผลิตที่ไม่เหมาะสม แสดงดังภาพที่ 2 ความสูญเปล่าที่เกิดจากวิธีการทำงานไม่เหมาะสมรวมถึง ไม่มีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสม ทำให้ใช้เวลาในการผลิตชิ้นงานมากส่งผลให้ไม่สามารถผลิตชิ้นงานได้ตาม



ภาพที่ 1 แสดงปริมาณความต้องการสินค้า

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีการใช้เทคนิคต่างๆ เพื่อช่วยในการปรับปรุงสายการผลิตทำให้ประสิทธิภาพของสายการผลิตเพิ่มขึ้น ได้แก่ การจัดสมดุลสายการผลิต เทคนิคการปรับปรุงงาน และการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ [1] [2] การนำหลักการศึกษากการเคลื่อนไหวและเวลา และเทคนิค ECRS มาช่วยปรับปรุงกระบวนการของสายการผลิต สวิทซ์โอเวอร์ไดร์ [3] การประยุกต์ใช้เทคนิคของลินได้แก่หลักการของ ECRS และการปรับปรุงการวางผังโรงงาน มาช่วยลดความสูญเปล่าและเพิ่มอัตราผลผลิตของสายการผลิต [4] การวางแผนและจัดสรรทรัพยากรการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตและเพื่อรองรับปริมาณความต้องการสินค้าที่เพิ่มสูงขึ้น โดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ ได้แก่การแก้ปัญหาของสายการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารใช้โปรแกรมโปรโมเดลในการจัดสรรทรัพยากร [5] และการหาระดับปัจจัยการผลิตที่เหมาะสมของสายการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยใช้โปรแกรม OptQuest [6] และยังมีมีการประยุกต์ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมในการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผลิตภัณฑ์ผสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิต [7] การใช้แบบจำลอง DES (discrete event simulation) เพื่อช่วยในการวิเคราะห์คอขวดของกระบวนการผลิตของรถยนต์และช่วยในการปรับปรุงกระบวนการผลิต [11]

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกนำเทคนิคของลินมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาของโรงงานแบตเตอรี่ชนิดยี่ห้อ และใช้การจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ผลก่อนและหลังการปรับปรุงเพื่อให้ทราบผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้น

## 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 การศึกษาเวลา (Time Study)

การศึกษาเวลา คือ การวัดงานโดยใช้เครื่องวัดเวลาและปรับค่าตามการแปรเปลี่ยนจากเวลาปกติ โดยมีกรณีเพื่อเวลาที่เหมาะสม ซึ่งเวลาที่ได้นี้คือเวลามาตรฐาน (standard time) หรือเวลาที่คนงานหนึ่งๆ สามารถทำงานได้ตามวิธีการที่กำหนดให้ [8]

$$\text{เวลามาตรฐาน} = \text{เวลาปกติ} + \text{ค่าเผื่อรวม} \quad (1)$$

$$\text{เวลาปกติ} = \text{เวลาที่จับจริง} \times \text{ค่าปรับอัตราความเร็ว} \quad (2)$$

ค่าเพื่อรวม = ค่าเพื่อส่วนบุคคล 3% + ค่าเพื่อสำหรับ  
ความเครียด 4% + ค่าเพื่อสำหรับความล่าช้า 5% = 12%

2.2 *ผลิตภาพ (Productivity)*

ผลิตภาพ หรือ อัตราผลผลิต (Productivity) เป็นดัชนีซึ่งชี้  
ถึงความมีประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ขององค์กร  
หรืออาจหมายถึงความสามารถหรือประสิทธิภาพในการ  
เปลี่ยนปัจจัยหรือทรัพยากรในการผลิตต่าง ๆ ให้เป็น  
ผลิตภัณฑ์หรือบริการที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น [8]

$$\text{อัตราผลผลิตด้านแรงงาน} = \frac{\text{ผลผลิต}}{(\text{จำนวนพนักงาน} \times \text{เวลาการทำงาน})} \quad (3)$$

2.3 *เทคนิคแบบลีน (Lean)*

ตัวอย่างเทคนิคของลีนที่นำมาใช้ในงานวิจัยได้แก่

1. การลดความสูญเปล่าด้วยหลักการ ECRS

Eliminate คือการกำจัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นออก

Combine คือการรวมขั้นตอนการทำงานเข้าด้วยกัน

Rearrange คือการจัดขั้นตอนการผลิตใหม่

Simplify คือการปรับปรุงการทำงานให้ง่ายขึ้น

2. การจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing)

คือ การพยายามจัดให้สถานีงานต่าง ๆ มีอัตราการทำงาน  
หรือเวลาที่ใช้เท่า ๆ กัน โดยจะทำการหาจำนวนสถานีงานที่

น้อยที่สุด (N) แล้วจัดกลุ่มงานลงในสถานีงานโดยพิจารณา  
เวลา และลำดับก่อนหน้าของงาน และประเมินผลโดยการ  
ประเมินประสิทธิภาพ (Efficiency, E) ของสายการผลิต [9]

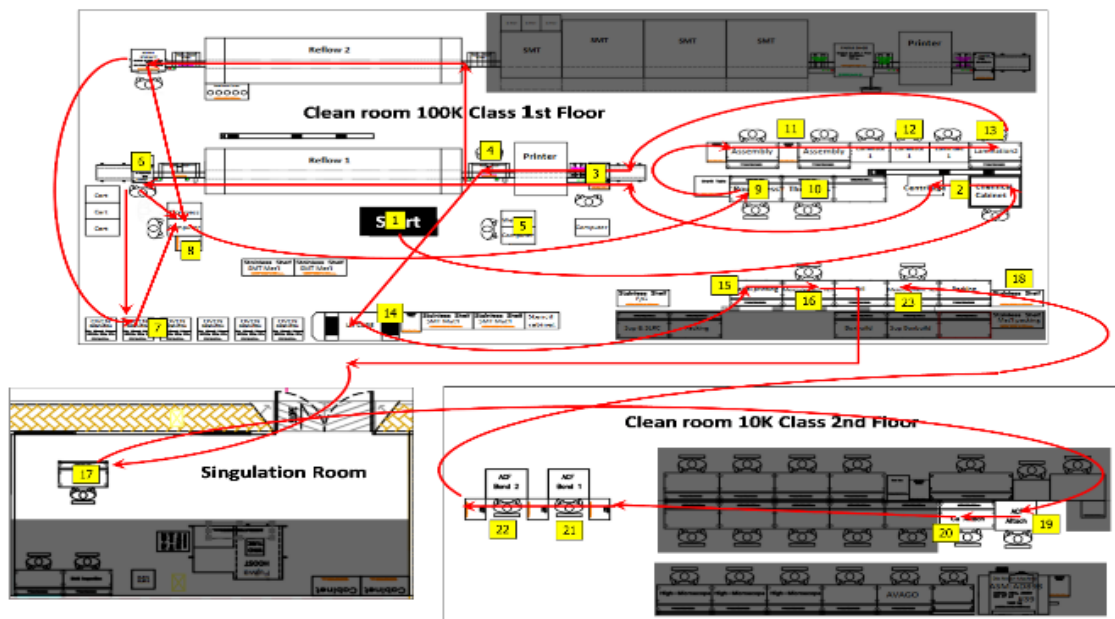
$$N = \frac{\sum_{i=1}^j t_i}{C_d} \quad (4)$$

$$E = \frac{\sum_{i=1}^j t_i}{nC_a} \quad (5)$$

เมื่อ  $t_i$  คือ เวลาของงานย่อย  $i$ ,  $C_d$  คือ รอบเวลาที่กำหนด,  $j$   
คือ จำนวนงานย่อยทั้งหมด,  $n$  คือ จำนวนสถานีงาน และ  $C_a$   
คือ รอบเวลาจริง

2.4 *การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์*

คือการจำลองระบบจริง และการออกแบบการทดลองใน  
แบบจำลอง เพื่อทำความเข้าใจพฤติกรรมของระบบและทำ  
การประมาณค่าตัวแปรที่สำคัญเพื่อการดำเนินการภายใน  
ระบบ ซึ่งมีขั้นตอนคือการศึกษา วิเคราะห์ และกำหนดปัญหา  
การออกแบบจำลอง การสร้างแบบจำลอง การตรวจสอบความ  
ถูกต้องของโปรแกรม การตรวจสอบความถูกต้องของ  
แบบจำลอง การดำเนินการทดลอง การอธิบายผลการทดลอง  
และการนำไปใช้งาน [10]



ภาพที่ 2 ฟังก์ชันการผลิตรก่อนการปรับปรุง

### 3. การดำเนินการวิจัย

ผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษาเป็นแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน ลักษณะเป็นแผ่นบางมีความยืดหยุ่น ผังกระบวนการผลิตในปัจจุบันแสดงดังภาพที่ 2 พื้นที่ถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ คลีนรูมชั้น 1 คลีนรูมชั้น 2 และห้องตัดภายนอกอาคาร มีการวางผังไม่เหมาะสมทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายมาโดยมีระยะทางรวมทั้งหมดเท่ากับ 705.97 เมตร

#### 3.1 ข้อมูลกระบวนการผลิต

การผลิตประกอบไปด้วย 21 กระบวนการย่อย 17 สถานีงาน ใช้พนักงาน 18 คน เครื่องจักร 21 เครื่อง ดังตารางที่ 1 โดยกระบวนการหลักๆ ประกอบไปด้วย

- 1) การสกรีนหมึก ประกอบไปด้วยกระบวนการย่อยที่ 1-8 โดยจะมีการวนทำซ้ำทั้งหมด 10 รอบ
- 2) การลามิเนต เป็นการประกบแผ่นงานที่ได้จากกระบวนการก่อนหน้าเข้ากับแผ่น packaging แล้วทำการรีดอัดเข้าด้วยกันด้วยเครื่องลามิเนต กระบวนการย่อยประกอบด้วยขั้นตอนที่ 9-11
- 3) หลังจากนั้นแผ่นงานจะถูกส่งไปสกรีนน้ำยากันซึม โดยผ่านกระบวนการย่อยที่ 1,2 และ 12

ตารางที่ 1 กระบวนการย่อยของสายการผลิต

ลำดับ	กระบวนการย่อย	ลำดับ	กระบวนการย่อย
1	ผสมหมึก	12	อบงานด้วย UV
2	สกรีนหมึก	13	ลบแถบคาร์บอน
3	ซังน้ำหนักเปียก	14	ติดฉลาก
4	อบงาน (Reflow)	15	วัดค่าทางไฟฟ้า 1
5	อบงาน (Oven)	16	ตัดชิ้นงาน
6	ซังน้ำหนักแห้ง	17	ติด ACF
7	วัดความเรียบ	18	ติดแผ่นทองแดง
8	วัดความหนา	19	เชื่อม ACF 1
9	ประกอบแผ่นงาน	20	เชื่อม ACF 2
10	ลามิเนต 1	21	วัดค่าทางไฟฟ้า 2
11	ลามิเนต 2		

4) ชิ้นงานถูกส่งต่อไปที่กระบวนการย่อยที่ 13-15 จากนั้นจะถูกส่งไปทำการตัดออกไปชิ้นในกระบวนการย่อยที่ 16 ที่ห้องตัดภายนอกอาคาร

5) ชิ้นงานที่ถูกตัดเรียบร้อยแล้ว จะถูกนำกลับมาเก็บไว้เพื่อรอจนได้งานครบ 1 ล็อต หรือ 4,800 ชิ้น แล้วจะถูกส่งไปทำกระบวนการที่ 17-20 โលន်การผลิตชั้น 2 จากนั้นจึงส่งกลับมาทำการทดสอบค่าทางไฟฟ้าครั้งที่ 2 ในกระบวนการย่อยที่ 21 ที่สายการผลิตหลักอีกครั้ง

#### 3.2 การวิเคราะห์สายการผลิตก่อนการปรับปรุง

เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาต้องการผลิตชิ้นงานเพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าจำนวน 50,000 ชิ้นต่อเดือน โดยมีระยะเวลาในการทำงาน 21 ชั่วโมงต่อวัน และ 26 วันต่อเดือน หรือเท่ากับ 1,965,600 วินาที จึงสามารถคำนวณ Takt Time ได้ดังนี้

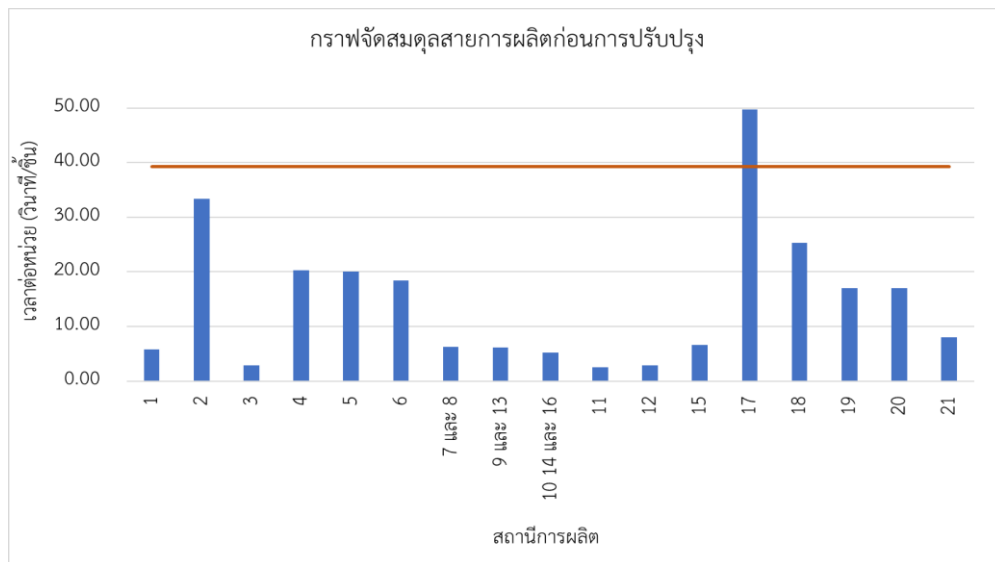
$$\begin{aligned} \text{Takt Time} &= 1,965,600 \text{ วินาที} / 50,000 \text{ ชิ้น} \\ &= 39.312 \text{ วินาทีต่อชิ้น} \end{aligned}$$

กราฟการจัดสมดุลสายการผลิตในปัจจุบันก่อนทำการปรับปรุงได้ดังภาพที่ 3 ซึ่งพบว่า ณ ระดับความต้องการสินค้า 50,000 ชิ้นต่อเดือน สถานีงานที่ 17 (การติด ACF) มีรอบเวลาเกิน Takt Time

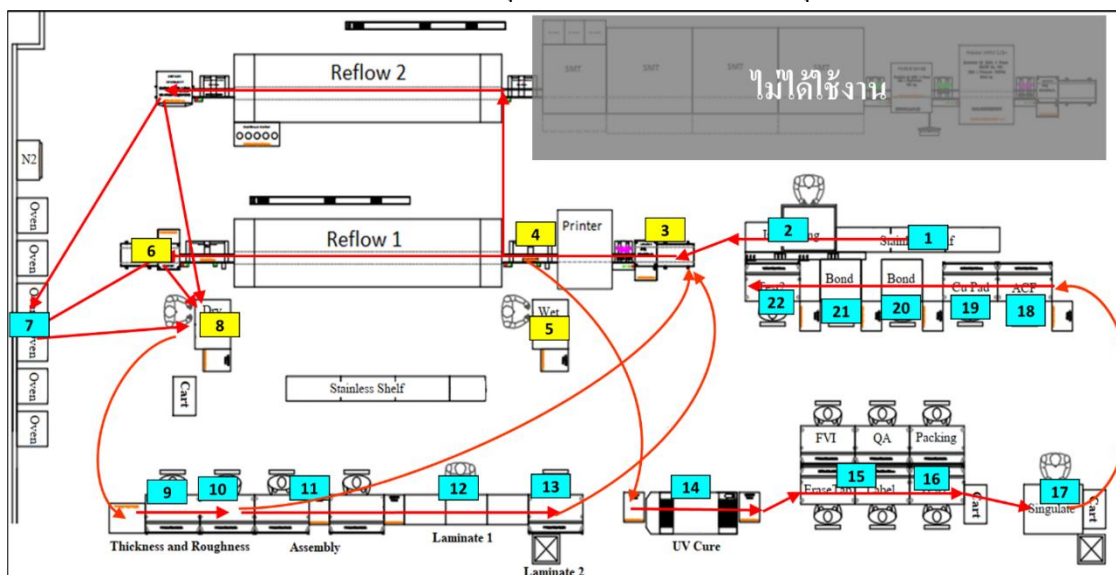
ข้อกำหนดเพิ่มเติมของลูกค้าคือระยะเวลาที่ชิ้นงานจะผ่านกระบวนการย่อยที่ 4-11 จะต้องไม่เกิน 15 นาที ซึ่งปัจจุบันพบว่าใช้เวลาเกินกว่าที่ลูกค้ากำหนด โดยเวลาที่มากที่สุดคือ 19 นาที จำนวนชิ้นงานที่ใช้เวลาเกินกำหนดอยู่ที่ประมาณ 33% ของชิ้นงานทั้งหมด ส่งผลต่อคุณภาพของสินค้า เวลาที่เกินนี้เกิดจากการรอคอยเพื่อขนย้ายชิ้นงานเนื่องจากมีระยะทางระหว่างสถานีงานค่อนข้างไกล

#### 3.3 การปรับปรุงกระบวนการด้วยลิน

1. หลักการ ECRS ได้ถูกนำมาใช้ตั้งรายละเอียดต่อไปนี้ Simplify – ออกแบบฟิกเจอร์เพื่อช่วยให้การทำงานง่ายและสะดวกรวดเร็วมากขึ้นในกระบวนการย่อยที่ 9 และ 18 ทำให้เวลาลดลงจาก 5.92 วินาที/ชิ้น เหลือ 1.87 วินาที/ชิ้น และ จาก 25.34 วินาทีเหลือ 16.33 วินาที/ชิ้น ตามลำดับ หรือก็คือหลักการการคิดตั้งที่รวดเร็วในการผลิตแบบลิน



ภาพที่ 3 การจัดสมดุลสายการผลิตก่อนการปรับปรุง



ภาพที่ 4 ผังกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง

Combine – รวบขั้นตอนการทำงานที่เหมือนกันเข้าด้วยกัน โดยทำการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์เชื่อม ACF เพื่อให้สามารถทำงานทั้ง 2 ชั้นตอนคือกระบวนการย่อยที่ 19 และ 20 พร้อมกัน ได้ สามารถลดสถานีงานลงได้ 1 สถานีงานและลดพนักงานลงได้ 1 คน

หมายเหตุ: จากภาพที่ 3 มีสถานีงานที่มีการนำเวลาของบางกระบวนการมารวมกันเนื่องจากมีการใช้ทรัพยากรการผลิตร่วมกันได้แก่ 1) กระบวนการที่ 7 และ 8 2) กระบวนการที่ 9 และ 13 3) กระบวนการที่ 10 14 และ 16

## 2. การจัดผังแบบเซลล์

ย้ายสถานีงานที่อยู่คนละพื้นที่ให้มาอยู่ในพื้นที่เดียวกันตามหลักการของการจัดผังแบบเซลล์ ทำให้ระยะทางในการ

เคลื่อนย้ายชิ้นงานลดลงเหลือ 76.38 เมตร และสามารถแก้ปัญหาเวลารวมของกระบวนการที่ลูกค้าต้องการควบคุมให้ไม่เกิน 15 นาทีได้อีกด้วย ผังกระบวนการภายหลังการปรับปรุงแสดงดังภาพที่ 4

3. สร้างการไหลของกระบวนการสม่ำเสมอด้วยการจัดสมดุลสายการผลิต

ทำการคำนวณสถานีงานที่น้อยที่สุด

$$N = (5.74 + 32.65 + \dots + 17.03 + 7.97) / 39.31$$

$$N = 218.14 / 39.31 = 5.56 \approx 6 \text{ สถานี}$$

จากการคำนวณการจัดสมดุลสายการผลิตจะอยู่ที่ 6 สถานี แต่ไม่สามารถดำเนินการให้เป็นไปตามที่คำนวณได้เนื่องจากกระบวนการผลิตเป็นการทำงานที่ต้องทำต่อเนื่องกัน และใช้

เครื่องจักรในการทำงานเฉพาะ ซึ่งหลังจากปรับปรุงแล้วสามารถลดลงเหลือได้น้อยที่สุด 15 สถานี

#### 4. การจำลองสถานการณ์

ทำการจำลองสถานการณ์โดยมีข้อมูลนำเข้าดังตารางที่ 2 จากนั้นสร้างแบบจำลองและทำการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม (Model Verification) จากเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานที่ได้จากการรันโปรแกรมโปรแกรมโปรโมเดลที่ใช้ข้อมูลที่มีการกระจายตัวของข้อมูลเป็นเวลาของแต่ละสถานีงานเปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานที่ได้จากการคำนวณจากเวลามาตรฐานของแต่ละสถานีงาน โดยกำหนดให้มีการผลิตจำนวนชิ้นงานที่แตกต่างกัน 10 ลักษณะแล้วพิจารณาเวลาที่ใช้ในการผลิต โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทำงานของโปรแกรม และค่าที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งอ้างอิงจากการปฏิบัติงานจริงนั้นพบว่ามีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.5% ดังตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมมีความถูกต้อง จึงสามารถนำผลที่ได้จากการรันโปรแกรมไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อทำการปรับปรุงสายการผลิตและจัดสรรทรัพยากรต่อไปได้

ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Validation) โดยใช้การตรวจสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยในรูปแบบของการกระจาย โดยให้โปรแกรมทำงานทั้งหมด 30 รอบ (n) ผลจากการจำลองสถานการณ์ได้ ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ของเวลาที่ใช้ในการผลิตงาน 4800 ชิ้นเท่ากับ 8074.14 นาที และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) เท่ากับ 3.91 สามารถคำนวณค่า hw ได้ตามสมการดังนี้

$$hw = \frac{(t_{n-1, \alpha/2})S}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

เมื่อ  $t_{(30-1, \alpha/2)} = 2.045$  ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  จะได้

$$hw = \frac{2.045 \times 3.91}{\sqrt{30}} = 1.458$$

และสามารถคำนวณหาจำนวนรอบในการจำลองสถานการณ์ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$n' = \left[ \frac{(Z_{\alpha/2})S}{hw} \right]^2 = \left[ \frac{(1.96)3.91}{1.458} \right]^2 = 27.56 \quad (7)$$

ดังนั้นจากผลการคำนวณที่ได้แสดงให้เห็นว่าการทำโปรแกรมซ้ำ 30 รอบนั้นเพียงพอต่อการจำลองสถานการณ์ โดยกำหนด 1 รอบของการจำลองสถานการณ์เท่ากับการกำหนดให้ผลิตชิ้นงาน 4,800 ชิ้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเวลาการทำงานจริงที่ใช้ในการผลิต จะได้เท่ากับ 8,073 นาที ( $\mu$ ) จากนั้นนำเวลาที่ใช้ในการทำงานที่ได้จากการจำลองสถานการณ์มาหาค่าเฉลี่ยได้เป็น 8074.14 และค่าความเบี่ยงเบนเป็น 3.91 และทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยประชากรชุดเดียว ในกรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร ด้วย t-test ได้ดังนี้

สมมติฐาน

$$H_0 : \mu_0 = 8,073$$

$$H_1 : \mu_0 \neq 8,073$$

กำหนดระดับความเชื่อมั่น 95% ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

$$t_0 = \frac{\bar{y} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

$$t_0 = \frac{8,074.14 - 8,073}{3.91 / \sqrt{30}} = 1.59$$

และขอบเขตวิกฤต  $t_{crit} = t_{\alpha/2, n-1}$  สำหรับกรณีขอบเขตสองทาง

$$t_{crit} = t_{0.025, 29} = 2.045$$

จาก  $-t_{crit} < t_0 < t_{crit}$  หรือ  $-2.045 < 1.59 < 2.045$

จากผลการทดสอบ t-test พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นระบบที่จำลองขึ้นจึงสามารถใช้แทนระบบจริงได้

โดยแบบจำลองทั้งหมดถูกแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะตามระดับความต้องการชิ้นงานของลูกค้ำดังต่อไปนี้

#### แบบจำลองที่ 1 (50,000 ชิ้น ก่อนปรับปรุง)

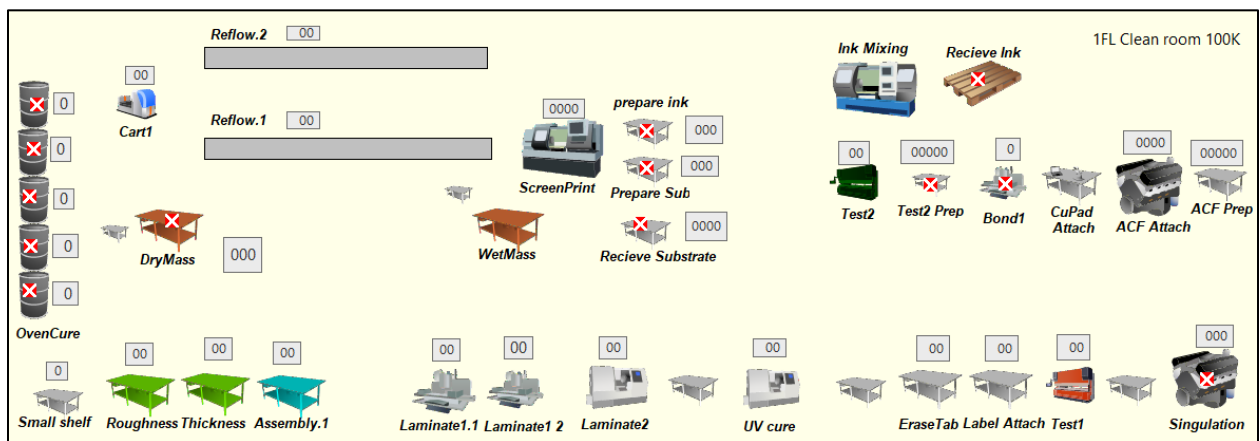
กำหนดให้โปรแกรมทำการจำลองการผลิตเป็นเวลา 1 เดือน หรือ 546 ชั่วโมง (26 วันทำงานต่อเดือน ซึ่งโงมการทำงาน 21 ชั่วโมงต่อวัน) ผลจากการจำลองพบว่าสามารถผลิตชิ้นงานได้ 39,360 ชิ้น ซึ่งยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้ำที่ 50,000 ชิ้น/เดือน

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง

ลำดับ	คำอธิบาย	จำนวน	Std.Time (วินาที)	Test of Independence	Test of Homogeneity	Test of Stationarity	Goodness test	P-value	Parameter
1	ผสมหมึก (สำหรับหมึก ชั้นที่ 1-9 และ 11)	4,800	1868.3	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Uniform	0.634	$U(1.87e+003, 90.6)$
2	ผสมหมึก (สำหรับหมึก ชั้นที่ 10)	4,800	8855.29	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Power Function	0.902	$B(0.841, 1., 8.52e+003,$ $9.22e+003)$
3	การเตรียมความพร้อม ของเครื่องจักร	4,800	1234	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Power Function	0.988	$B(0.904, 1., 950, 1.53e+003)$
4	สกรีนหมึก	24	65.06	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Rayleigh	0.958	$64+W(2., 1.18)$
5	ซังน้ำหนักเปียก	24	62.37	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Beta	0.645	$5+3.83*(1./(1.+EXP(-(N(0.,1.)-$ $0.0257)/1.14)))$
6	อบงาน (Reflow)	24	91.2	-	-	-	Constant	-	91.20
7	อบงาน (Oven)	360	5,400	-	-	-	Constant	-	5,400
8	ซังน้ำหนักแห้ง	24	397.9	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Beta	0.972	$B(1.59, 1.51, 40, 48)$
9	วัดความเร็ว	24	89.29	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Beta	0.957	$B(1.32, 1.06, 19, 24.9)$
10	วัดความหนา	24	54.11	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Erlang	0.893	$5+ER(1.76, 6)$
11	ประกอบแผ่นงาน	24	142.11	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Beta	0.728	$B(1.65, 1.29, 115, 162)$
12	ลามิเนต 1	24	127.65	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Beta	0.868	$B(1.47, 1.28, 114, 139)$
13	ลามิเนต 2	24	60.72	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Weibull	0.64	$54+W(3.32, 7.45)$
14	อบงานด้วย UV	24	68.55	-	-	-	Constant	-	68.55
15	ลบแถบคาร์บอน	24	154.71	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Rayleigh	0.347	$127+W(2., 32)$
16	ติดฉลาก	24	113.4	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Power Function	0.671	$B(1.84, 1., 97, 120)$
17	วัดค่าทางไฟฟ้า 1	24	158.38	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Triangular	0.954	$T(149, 160, 166)$
18	ตัดชิ้นงาน	24	132.48	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Weibull	0.953	$117+W(1.57, 18.4)$
19	ติด ACF	1	49.69	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Triangular	0.962	$T(47, 50.8, 51.3)$
20	ติดแผ่นทองแดง	1	25.34	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Beta	0.387	$B(1.52, 1.93, 18, 33.6)$
21	เชื่อม ACF 1	1	17.03	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Beta	0.786	$B(9.89, 4.9, 16, 17.5)$
22	เชื่อม ACF 2	1	17.03	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Beta	0.786	$B(9.89, 4.9, 16, 17.5)$
23	วัดค่าทางไฟฟ้า 2	12	95.66	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	Johnson SB	0.925	$89+14.7*(1./(1.+EXP(-(N(0.,1.)-$ $0.119)/0.642)))$

ตารางที่ 3 การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

จำนวนชิ้นงานที่ ต้องการผลิต (ชิ้น)	เวลาที่ใช้ในการผลิตที่ได้จาก การคำนวณ (นาที)	เวลาที่ใช้ในการผลิตที่ได้ จากโปรแกรมจำลอง(นาที)	% ความ คลาดเคลื่อน
4,800	8,073.31	8,072.86	-0.006%
9,600	12,048.51	12,046.69	-0.015%
14,400	16,023.71	16,023.42	-0.002%
19,200	19,998.91	19,999.33	0.002%
24,000	23,974.11	23,970.81	-0.014%
28,800	27,949.31	27,949.32	0.000%
33,600	31,924.51	31,921.85	-0.008%
38,400	35,899.71	35,896.49	-0.009%
43,200	39,874.91	39,873.80	-0.003%
48,000	43,850.11	43,852.44	0.005%



ภาพที่ 5 แบบจำลองที่ 2.2 แบบจำลองสถานการณ์หลังการปรับปรุง (50,000 ชิ้นต่อเดือน)

**แบบจำลองที่ 2 (50,000 ชิ้น หลังปรับปรุง)**

แบบจำลองที่ 2.1

ทำการปรับปรุงดังที่ได้กล่าวไปในข้อ 3.3 ผลจากการจำลองพบว่าผลิตชิ้นงานได้ 46,296 ชิ้น ซึ่งยังคงไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าที่ 50,000 ชิ้น/เดือน อันเนื่องมาจากการจัดสรรทรัพยากรจากการคำนวณนั้น ยังไม่ได้คำนึงถึงเวลาที่ต้องสูญเสียไประหว่างการรอกองงานในกระบวนการที่มีการรันงานเป็นล๊อต ซึ่งการจำลองสถานการณ์ทำให้เห็นถึงปัญหาดังกล่าว ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงจัดการผลิตใหม่ดังตารางที่ 4 ในแบบจำลองที่ 2.2 ซึ่งแบบจำลองสามารถแสดงดังภาพที่ 5

แบบจำลองที่ 2.2 - ปรับปัจจัยการผลิต

ผลจากการจำลองพบว่าผลิตชิ้นงานได้ 52,308 ชิ้น ค่าการใช้ทรัพยากรประโยชน์ของสถานงานเฉลี่ยเท่ากับ 35.07% ค่าการใช้ทรัพยากรประโยชน์ของพนักงานเฉลี่ยเท่ากับ 33.90% ประสิทธิภาพของสายการผลิตคำนวณจาก

$$E = (5.74 + 33.33 + 22.51 + 2.89 + 18.46 + 24.00 + 6.25 + 8.35 + 6.78 + 9.13 + 2.86 + 29.41 + 16.32 + 17.00 + 7.97) / (15 * 33.33) = 0.4220$$



ตารางที่ 4 แสดงจำนวนทรัพยากรที่ได้จากการจำลองสถานการณ์สำหรับแต่ละระดับความต้องการชิ้นงาน

สถานีงาน	กระบวนการย่อย	เวลา มาตรฐาน สถานีงาน (วินาที)	50,000 ชิ้นต่อเดือน			75,000 ชิ้นต่อเดือน			100,000 ชิ้นต่อเดือน		
			ทรัพยากร		เวลา (วินาที/ชิ้น/ สถานี)	ทรัพยากร		เวลา (วินาที/ชิ้น/ สถานี)	ทรัพยากร		เวลา (วินาที/ชิ้น/ สถานี)
			คน	MC		คน	MC		คน	MC	
1	ผสมหมึก	5.73	1	0	5.73	1	0	5.73	1	0	5.73
2	สกรีนหมึก	29.84	1	1	29.84	2	2	14.92	2	2	14.92
3	ซังน้ำหนักเปียก	2.89	1	0	2.89	1	0	2.89	1	0	2.89
4	อบงาน (Reflow)	44.46	0	2	22.23	0	3	14.82	0	3	14.82
5	อบงาน (Oven)	120.00	0	5	24.00	0	7	17.14	0	10	12.00
6	ซังน้ำหนักแห้ง	18.38	1	0	18.38	1	0	18.38	2	0	9.19
7	วัดความเร็ว + วัดความหนา	10.96	1	0	10.96	1	0	10.96	1	0	10.96
8	ประกอบแผ่น งาน+ลบแถบ คาร์บอน	8.36	1	0	8.36	1	0	8.36	1	0	8.36
9	ลามิเนต 1+ติด ฉลาก+ตัดชิ้นงาน	13.38	2	3	6.69	2	3	6.69	2	3	6.69
10	ลามิเนต 2+วัดค่า ทางไฟฟ้า 1	9.13	1	2	9.13	1	2	9.13	1	2	9.13
11	อบงานด้วย UV	2.86	0	1	2.86	0	1	2.86	0	1	2.86
12	ติด ACF	29.41	1	1	29.41	2	2	14.71	2	2	14.71
13	ติดแผ่นทองแดง	16.32	1	0	16.32	1	0	16.32	1	0	16.32
14	เชื่อม ACF 1	17.00	1	1	17.00	1	1	17.00	1	1	17.00
15	วัดค่าทางไฟฟ้า 2	7.97	1	1	7.97	1	1	7.97	1	1	7.97
รวม			13	17		15	22		16	25	

ตารางที่ 5 ผลลัพธ์แบบจำลองสถานการณ์การผลิต

แบบจำลอง	Productivity (ชิ้น/ชม./คน)	Utilization (%)		Efficiency (%)	จำนวนชิ้นงาน ที่ผลิตได้ต่อ เดือน
		สถานีนงาน	พนักงาน		
(1) ก่อนปรับปรุง 50,000 ชิ้น/เดือน	4.005	27.07	25.45	29.99	39,360
(2) หลังปรับปรุง 50,000 ชิ้น/เดือน	7.370 (+84.02%)	35.07 (+29.55%)	33.90 (+33.20%)	42.20 (+40.71%)	52,308 (+32.89%)
(3) หลังปรับปรุง 75,000 ชิ้น/เดือน	9.380 (+134.21%)	43.82 (+61.88%)	44.27 (+73.95%)	59.50 (+98.40%)	76,800 (+95.12%)
(4) หลังปรับปรุง 100,000 ชิ้น/เดือน	11.590 (+189.39%)	50.70 (+87.29%)	52.76 (+107.31%)	60.20 (+100.73%)	101,256 (+157.26%)

**แบบจำลองที่ 3 (สำหรับความต้องการ 75,000 ชิ้น)**

สร้างแบบจำลองโดยจัดสรรทรัพยากรดังตารางที่ 4 ผลจากการจำลองพบว่าสามารถผลิตชิ้นงานได้ 76,800 ชิ้น

**แบบจำลองที่ 4 (สำหรับความต้องการ 100,000 ชิ้น)**

สร้างแบบจำลองโดยจัดสรรทรัพยากรดังตารางที่ 4 ผลจากการจำลองพบว่าสามารถผลิตชิ้นงานได้ 101,256 ชิ้น

โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 4 แบบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5

จากตารางที่ 5 พบว่าผลจากการจำลองสถานการณ์ภายหลังการปรับปรุงของแบบจำลองที่ 2 3 และ 4 แสดงให้เห็นว่าสายการผลิตสามารถผลิตชิ้นงานได้ทันตามความต้องการของลูกค้าที่ระดับต่างๆ และสามารถเพิ่มอัตราผลผลิตการใช้ทรัพยากรประโยชน์ของทรัพยากร และประสิทธิภาพของสายการผลิตให้สูงขึ้น ดังนั้นจึงสามารถใช้แบบจำลองเหล่านี้เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงสายการผลิตและจัดสรรทรัพยากรการผลิตต่อไป

**5. สรุปผลการดำเนินการวิจัยและข้อเสนอแนะ**

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัญหาของสายการผลิตแบบเตอรีชนิดยืดหยุ่น ที่ประสบปัญหาไม่สามารถผลิตชิ้นงานได้ทันตามความต้องการของลูกค้า และมีแนวโน้มความต้องการยังคงเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้การผลิตเกิดความล่าช้าได้แก่ ฟังก์ชันกระบวนการผลิต วิธีการปฏิบัติงานที่ไม่

เหมาะสม รวมถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น ความชำนาญในการปฏิบัติงานของพนักงานแต่ละคน ดังนั้นจึงได้นำเทคนิคของลีน ECRS การติดตั้งที่รวดเร็ว การจัดสมดุลสายการผลิต การจัดฟังก์ชันกระบวนการแบบเซลล์ และการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์มาช่วยในการแก้ปัญหาและวิเคราะห์ผล ซึ่งหลังจากการปรับปรุงส่งผลให้อัตราผลผลิตเพิ่มขึ้น 84.02% การใช้รถประโยชน์ของพนักงานเพิ่มขึ้น 33.2% ประสิทธิภาพของสายการผลิตเพิ่มขึ้น 40.71% และทำให้สามารถผลิตชิ้นงานได้ทันตามความต้องการ อีกทั้งยังสามารถเสนอแนวทางในการจัดสรรทรัพยากรเพื่อรองรับปริมาณความต้องการชิ้นงานของลูกค้าที่เพิ่มสูงขึ้นได้อีกด้วย ซึ่งการนำแนวทางการจัดสรรทรัพยากรไปปฏิบัติในการผลิต ควรมีการทบทวนค่ามาตรฐานต่างๆ ที่เป็นข้อกำหนดในการผลิตเนื่องจากประเภทของชิ้นงานที่อาจจะมีเพิ่มเติมในอนาคตหรือมีการเปลี่ยนแปลงของชิ้นงานที่เคยผลิตรวมทั้งความสามารถของพนักงานอาจไม่เท่ากันเนื่องจากมีความชำนาญต่างกันหรือการกำหนดอัตราค่าเผื่อต่างๆซึ่งอาจมีปัจจัยอื่นทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของค่าต่างๆ

โดยแนวทางนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการลดความสูญเสียเปล่ากับสายการผลิตได้อีกมากมาย หรือนำเทคนิคอื่นๆ ของลีนมาประยุกต์ใช้เพิ่มเติมในการปรับปรุงกระบวนการ อีกทั้งยังสามารถต่อยอดเพิ่มเติมจากงานวิจัยฉบับนี้ได้โดยการทำการหาจำนวนทรัพยากรการผลิตที่เหมาะสมที่สุดภายใต้เงื่อนไขต่างๆ เช่น ต้นทุนต่ำที่สุด หรือใช้เวลาน้อยที่สุด ได้

โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Math Model) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดภายใต้วัตถุประสงค์ที่ต้องการ และสำหรับการจัดผังกระบวนการผลิตสำหรับระดับความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้น และจำเป็นที่จะต้องใช้ปัจจัยการผลิตที่เพิ่มมากขึ้น ควรคำนึงถึงการวางแผนการผลิตที่เหมาะสมด้วย โดยอาจประยุกต์ใช้การลำดับขั้นเพื่อการตัดสินใจ AHP มาช่วยในการตัดสินใจเลือกแผนผังกระบวนการที่เหมาะสม

### เอกสารอ้างอิง

- [1] กิจพงษ์ แมดมิ่งเหง้า. การจัดสมดุลสายการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยใช้การจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษาสายการผลิต Head Stack Assembly [สารนิพนธ์]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2556.
- [2] พชร อุไรพงษ์. การปรับปรุงสายการผลิตโดยใช้เทคนิคของลีน และการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ [สารนิพนธ์]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2556.
- [3] อภิวัฒน์ นุตตามระม, นิชาภา บุญพิทักษ์. การปรับปรุงกระบวนการผลิตสวิทช์โอเวอร์ไดร์. วิศวกรรมสารธรรมศาสตร์. 2557; 2[1]: 10-15
- [4] สาระวาริ ดำรงเกียรติ. การจำลองสถานการณ์สำหรับการปรับปรุงกระบวนการและผังโรงงาน กรณีศึกษาโรงงานผลิตกาแฟชนิดผง [วิทยานิพนธ์]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2556.
- [5] ถังศิริ กิตติภากร. การจัดสมดุลสายการผลิตและการวางแผนทรัพยากรโดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์กรณีศึกษา อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหาร. [สารนิพนธ์]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2553.
- [6] สุรจักษ์ เจ้าศรีสุข. การจัดสรรทรัพยากรการผลิตที่เหมาะสมด้วยวิธีการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ [สารนิพนธ์]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2557.
- [7] ศักดินันท์ นันทนา, อรรถพล สมุทคุปดี. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผลิตภัณฑ์ผสม. วิศวกรรมสารธรรมศาสตร์. 2562; 5[1]: 27-34
- [8] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. การศึกษางานอุตสาหกรรม, สำนักพิมพ์ท็อปจำกัด. พิมพ์ครั้งที่ 2; 2550
- [9] นุชบา พุกษาพันธุ์รัตน์. การวางแผนและควบคุมการผลิต, สำนักพิมพ์ท็อปจำกัด. พิมพ์ครั้งที่ 2; 2552
- [10] นุชบา พุกษาพันธุ์รัตน์. การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม, สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1; 2556
- [11] Sriram V. and He T. "Operations status and bottleneck analysis and improvement of a batch process manufacturing line using discrete event simulation". 45th SME North American Manufacturing Research Conference (NAMRC 45); 2017